

# **AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉCNICO E DE CUSTO/BENEFÍCIO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR PARA RESIDÊNCIA DE BAIXO CUSTO NA REGIÃO CARBONÍFERA**

Rochelis Dal Pont (1); Nestor Back (2).

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
(1) [chelidalpont@yahoo.com.br](mailto:chelidalpont@yahoo.com.br); (2) [nestorback@yahoo.com.br](mailto:nestorback@yahoo.com.br)

## **RESUMO**

O sistema elétrico vem enfrentando problemas para atender à demanda de energia elétrica, principalmente nos horários de ponta, sendo verificado que na unidade residencial o principal contribuinte é o chuveiro elétrico. Uma fonte de geração de energia alternativa desenvolvida para tentar amenizar essa situação foi a utilização da radiação solar para o aquecimento da água do banho. Esse trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade técnica e econômica da utilização do sistema de aquecedor solar em casas populares na região carbonífera. A pesquisa teve como objeto de estudo uma residência popular, onde se verificou o investimento com a instalação do sistema, sua manutenção e o investimento adicional com a utilização do chuveiro elétrico. A análise foi realizada através dos dados da estação meteorológica localizado na barragem do Rio São Bento – Siderópolis, SC, que registra as quantidades de radiação solar. Foi realizado um levantamento dos dias que apresentaram radiação média diária superior a  $145 \text{ W.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ , sendo que, nesses dias, o sistema funciona adequadamente para aquecer a água a uma temperatura mínima de  $35^{\circ}\text{C}$ . A partir desse levantamento, verificou-se que, de 1.370 dias, em 739 dias deles foi possível utilizar o sistema de aquecimento solar, ou seja, em 53,94% dos dias o sistema apresentou eficiência. Com o cálculo do gasto de energia elétrica com a utilização do chuveiro e juntamente com os dias em que a radiação é suficiente, observou-se uma economia de R\$ 195,81 por ano. Com esse valor e com o custo de instalação, verificou-se que o sistema se pagará em um período de sete anos e seis meses. Com a análise comparativa dos dias em que foram utilizados aquecedor solar e aquecimento elétrico, o gasto a menos com a utilização do sistema de aquecedor solar, juntamente com o período de retorno do investimento, conclui-se que o sistema de aquecedor solar em casas populares na região carbonífera é viável.

*Palavras-Chave: Aquecedor solar. Radiação. Energia solar. Eficiência. Casa popular.*

## **1. INTRODUÇÃO**

A comunidade científica aponta como os fatores mais importantes na aceleração das alterações climáticas e ambientais o aumento da demanda e consumo de energia decorrente do progresso tecnológico e do avanço no desenvolvimento humano. Após a Revolução Industrial, o aumento do consumo de energia mais que triplicou, e



recentes estudos apontam uma tendência de crescimento da demanda energética em decorrência da recuperação econômica nos países em desenvolvimento. (PEREIRA *et al*, 2006).

Esse aumento do consumo de energia pode ser verificado nos dados do Ministério das Minas e Energia (Balanço Energético Nacional – BEN, 2011), em que o aumento do consumo de energia no Brasil, de 2001 até 2010, foi de aproximadamente 47,18%, sendo que o setor residencial é o segundo setor que mais consome energia. O aumento do consumo de energia, tanto no Brasil quanto no mundo, juntamente com uma visível redução da oferta de combustíveis convencionais e com a conscientização da preservação do meio ambiente, estão estimulando, principalmente cientistas e pesquisadores, a desenvolver fontes alternativas de geração de energia. No Brasil, segundo Oliva (1999 *apud* SPRENGER, 2007), nos últimos anos, o sistema elétrico interligado das regiões sul, sudeste e centro-oeste do país vem enfrentando problemas para atender à demanda de potência elétrica, principalmente nos horários de ponta, sendo verificado que a contribuição do chuveiro elétrico é o principal fator para a formação da ponta na curva de carga.

Conforme Prado; Gonçalves (1992 *apud* LIMA, 2003), há que se considerar ainda que o consumo com o aquecimento da água representa uma parcela substancial da energia consumida. Em habitações de interesse social, em 32% do total da energia gasta o responsável é o chuveiro elétrico.

Uma fonte de geração de energia alternativa desenvolvida para tentar amenizar os problemas citados anteriormente é a utilização da radiação solar para o aquecimento da água do chuveiro. É uma forma de reduzir o consumo de energia, principalmente nas horas de pico, o que traz maiores benefícios principalmente para as classes menos favorecidas.

A radiação solar pode se absorvida por coletores solares, principalmente para aquecimento de água, temperaturas relativamente baixas, normalmente inferiores a 100°C. A disponibilidade de radiação solar depende da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e dia do ano). Isso se deve à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente (movimento de rotação) e à trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do Sol (translação ou revolução). Desse modo, a duração solar do dia – período de visibilidade do Sol ou de claridade – varia, em algumas regiões e períodos do ano (ANEEL, 2005).

Este trabalho analisa e avalia o desempenho de uma instalação de aquecimento solar em uma residência de baixo custo, do tipo popular, levando-se em



consideração seu custo de instalação e sua operacionalização; também faz uma avaliação da real eficiência de funcionamento, levando-se em conta a intensidade e os períodos de radiação solar na região carbonífera.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 MEMÓRIA DE CÁLCULO

O cálculo do reservatório de água fria foi fundamentado na NBR 5626 - Instalação Predial de Água Fria (1998) - que estabelece: o consumo de água fria em um dia por uma pessoa (N) e o número de pessoas por quarto (C). No estudo de caso em questão, C é de 200 L, e N, duas pessoas por dormitório. O consumo médio diário (CD) foi calculado com a multiplicação do N pelo C. Com relação ao volume do *boiler*, esse foi calculado conforme o manual técnico Tigre (2010), no qual, para o cálculo do volume do reservatório de água quente, as incógnitas C e N adotadas foram: 50 litros.pessoa<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> e duas pessoas por dormitório, respectivamente. Foi adotado o tamanho do reservatório de água quente também de acordo o manual técnico Tigre (2010), que disponibiliza os diversos tamanhos de reservatório encontrados no mercado. Para o cálculo do número de placas de coletores solares necessários para o aquecimento adequado da água para o banho, adotaram-se as prescrições técnicas de CREDER (2006), no qual, para uma residência, a área de coletores solares foi determinada pela seguinte equação:

$$s = \frac{Q}{I \cdot \eta} \quad (2.1.1)$$

S é a área necessária de coletor solar em m<sup>2</sup>; I é a intensidade de radiação solar; η é o rendimento do aproveitamento instantâneo da energia solar das placas; Q é a quantidade de calor para aquecer um determinado volume de água a uma temperatura desejada. O valor de I adotado foi de 3011,75 kcal.m<sup>-2</sup> (BASSO *et. al.*, 2010). Em relação ao η, adotou-se 50,8%, pois esse foi o rendimento dos coletores obtidos no relatório de ensaio dos coletores solares das placas Belosol. Para a determinação da incógnita Q, foi utilizada a seguinte equação:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (2.1.2)$$

Em que:  $m$  é a massa de água, ou seja, 100 quilos;  $c$  é o calor específico da água,  $1 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;  $\Delta T$  é a variação de temperatura:  $\Delta T = 60 \text{ }^{\circ}\text{C} - 25 \text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow \Delta T = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Por fim, para determinar o número suficiente de placas, dividiu-se a área necessária de coletor solar ( $S$ ) pela área de uma placa de coletor solar. Salienta-se que a área da placa de coletor solar utilizado é de  $0,86 \text{ m}^2$ . Com a memória de cálculo concluída, foi realizada a análise comparativa com o projeto do sistema a ser instalado, para verificar se esse projeto iria atender adequadamente às necessidades reais dos usuários.

### 2.1.1 Residência em estudo

O projeto analisado consiste em uma casa popular com área total de  $39,05 \text{ m}^2$ . Ela é composta por dois dormitórios, sendo um de casal e um de solteiro, tendo ainda cozinha, banheiro e área de serviço. A casa possui um sistema de aquecedor solar passivo direto, sendo que o sistema é formado por um reservatório de capacidade de 500L, um *boiler* de 200L, dois coletores solares planos abertos, tubulação do tipo CPVC e o sistema auxiliar utilizado foi o chuveiro elétrico tipo ducha.

## 2.2 ANÁLISE DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO DA REGIÃO

Com as tabelas da estação de observação da CASAN, em que, por meio do piranômetro Kipp & Zonen modelo CM3, equipamento utilizado para realizar a medição da radiação solar, situado na Barragem do Rio São Bento no município de Siderópolis – SC, desenvolveu-se a análise e a quantificação dos níveis de radiação na região e seu aproveitamento no aquecimento de água. Foi utilizado como critério da eficiência da radiação média do dia um valor mínimo de radiação média diária para o aquecimento adequado da água para banho a uma temperatura mínima de  $35^{\circ}\text{C}$ , sendo esse valor de  $3011,75 \text{ kcal.m}^{-2}$  ou  $146,20 \text{ W.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ . Para melhor desenvolvimento da análise dos dados, tomou-se por opção o valor de  $145 \text{ W.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ . A partir desse levantamento, calculou-se o custo mensal de energia elétrica



com a utilização do sistema de aquecimento solar, e se comparou com o custo mensal com a utilização apenas do chuveiro elétrico.

### **2.3 CUSTO MENSAL DE ENERGIA ELÉTRICA**

Para calcular o custo mensal de energia elétrica, multiplicou-se a potência do chuveiro elétrico que, no caso em análise, é de 5,5 kW, com o tempo de banho de cada usuário, o número de usuários e o período de utilização. O tempo de banho foi estimado em dez minutos, conforme NBR 15569 (2008), o número de usuários é igual a quatro pessoas e o período de utilização foi de um mês. De posse desses dados, determinou-se o consumo de energia em um mês, com base na tarifa de R\$ 0,27, adotada pela concessionária de energia local – COOPERA – no município de Forquilha – SC, que se utiliza da Resolução Homologatória nº. 1214, de 20 de setembro de 2011, da ANEEL. Assim sendo, pôde-se, no decorrer do mês, determinar o custo de utilização do chuveiro elétrico e, conseqüentemente, traçar um comparativo de custos com a alternância do uso do sistema de aquecimento solar ao longo dos anos.

### **2.4 CUSTO DO SISTEMA E MANUTENÇÃO**

O custo para a instalação do sistema de aquecedor solar é composto pelo valor dos elementos constituintes do equipamento e o valor da mão-de-obra para a instalação. O valor dos elementos do equipamento foi obtido junto ao fabricante e o custo da mão-de-obra para a instalação foi obtido por meio de uma construtora da região que fornece esse tipo de serviço. Para determinar o custo da manutenção, de acordo com Manea (2009), optou-se por utilizar um custo de 20% em relação ao investimento inicial, sendo esse efetivado a cada dez anos e com uma vida útil do sistema de 20 anos.

## 2.5 CÁLCULO DO RETORNO DO INVESTIMENTO

Com o cálculo da economia anual devido à implantação do sistema de aquecedor solar, juntamente com o valor total do investimento e de sua manutenção, foi realizado o fluxo de caixa com todas as entradas e saídas no período de 20 anos. Isso representa os gastos e os lucros que haverá com o passar de cada ano com a utilização do sistema. Com todos os dados em mãos, desenvolveu-se o cálculo do período de retorno pela elaboração das tabelas 4 e 5, sendo que elas foram elaboradas baseando-se nas prescrições de Magagnin (2010). Para realizar uma etapa da tabela 4, foi necessário trazer os valores do fluxo de caixa para o instante "0", através da seguinte equação:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} \quad (2.5.1)$$

VPL é o valor presente líquido;  $i$  é a chamada Taxa Mínima de Atratividade (TMA);  $F$  representa os valores do fluxo de caixa;  $t$  representa os períodos. No trabalho em questão, foi adotada como TMA a taxa SELIC, obtida no Banco Central do Brasil (2012), no valor de 7,14% ao ano.

A tabela 5 apresenta o período exato de retorno do investimento, ou seja, a determinação do Tempo de Retorno do Capital (TRC), em que, com o somatório dos valores no instante "0", calculou-se o TRC do projeto. Para isso, verificou-se em qual instante o somatório se torna de negativo para positivo. Esse último período de valor negativo será o ano em que se tem o retorno do investimento. Além de se saber o ano, deve-se saber o mês, para um TRC mais exato. Para isso, somou-se o débito no período referente ao ano em que o investimento se pagou com o crédito referente ao ano seguinte, e dividindo-se o resultado por 12, calculou-se assim a economia em um mês. Com o valor de economia calculado por mês, determinou-se exatamente o mês em que ocorreu a total recuperação do investimento. Esse dado foi obtido pela divisão do débito referente ao ano em que o sistema se pagou pela economia por mês do período seguinte.



## 2.6 ANÁLISE DOS DADOS

Foi realizada uma análise comparativa dos dias em que foram utilizados aquecedor solar e aquecimento elétrico, o gasto a menos com a utilização do sistema de aquecedor solar, juntamente com o período de retorno do investimento. Concluiu-se, dessa forma, a viabilidade do sistema, quando se verificou se é ou não vantajosa a utilização desse sistema em casas populares na região carbonífera.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 MEMÓRIA DE CÁLCULO

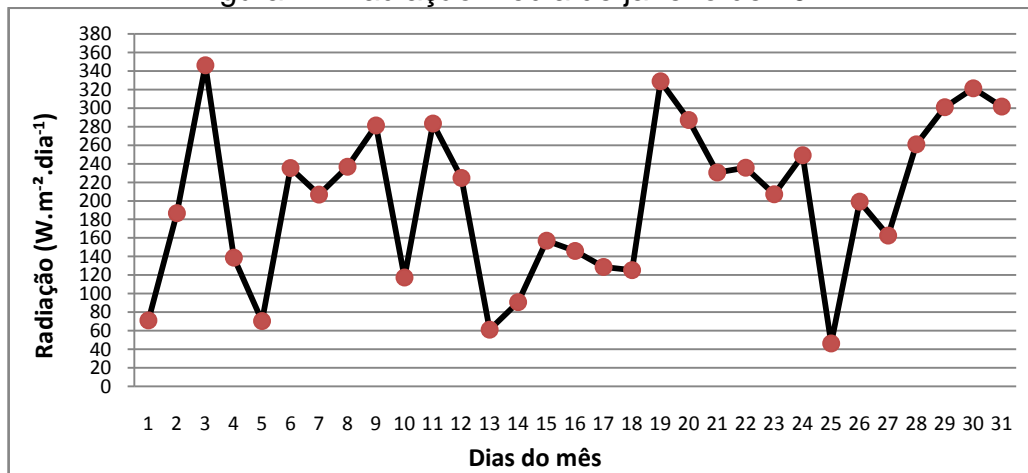
Sabendo-se que o consumo médio diário de água fria da casa em análise é de 200 litros.pessoa<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> e que o número de pessoas é quatro, verificou-se que, para atender às necessidades dos usuários, o volume do reservatório de água fria deveria ser de 800L. Para o cálculo do consumo médio diário de água quente, utilizando-se os valores de C de 50 litros.pessoa<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> e N igual a quatro pessoas, tem-se um consumo médio diário igual a 200L e, conseqüentemente, um reservatório com tamanho de 200L, de acordo com o manual técnico Tigre (2010). Para a determinação da área do coletor solar necessária para o caso em questão, calculou-se o valor Q, chegando-se ao resultado de 3500 kcal. Com o Q igual a 3500 kcal, I igual a 3011,75 kcal.m<sup>-2</sup>, e η igual a 50,8%, foi possível calcular a área necessária de coletores para atender à demanda, resultando no valor de 2,29 m<sup>2</sup>. Com a área dos coletores solares, calculou-se o número necessário de placas, resultando em 2,66, ou seja, deverão ser utilizadas três placas de coletores solares. A partir do desenvolvimento da memória de cálculo, observou-se que o tamanho inicial do reservatório de água fria, de 500L, não seria suficiente. A real necessidade para o número de usuários em questão seria de 800L. Com relação ao número de placas, o sistema analisado era composto por dois coletores, e se observou que seriam necessários, no mínimo, três coletores para o funcionamento adequado.



### 3.2 ESTUDO DE CASO: SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR EM RESIDÊNCIAS DE BAIXA RENDA

Com base nos dados obtidos junto à estação meteorológica da CASAN, foram elaborados os gráficos de distribuição de radiação solar ao longo dos meses dos anos de 2008, 2009, 2010, 2012. O ano de 2011 foi desconsiderado por falta de coleta de dados, devido à falha do equipamento. Com os valores da radiação média por dia, realizou-se a elaboração dos gráficos referentes a cada mês de todos os anos. O modelo de gráfico adotado para apresentar melhor os dados foi o do tipo linhas com marcadores, conforme apresentado nas figuras 1 a 5. Na figura 1, é exposto o gráfico em que se apresentam as médias diárias de janeiro de 2012. Esse procedimento foi adotado pela existência de um elevado número de gráficos semelhantes, o que tornaria o trabalho muito repetitivo. Salienta-se, porém, que esse procedimento foi realizado em todos os meses dos quatro anos analisados.

Figura 1 - Radiação média de janeiro de 2012.

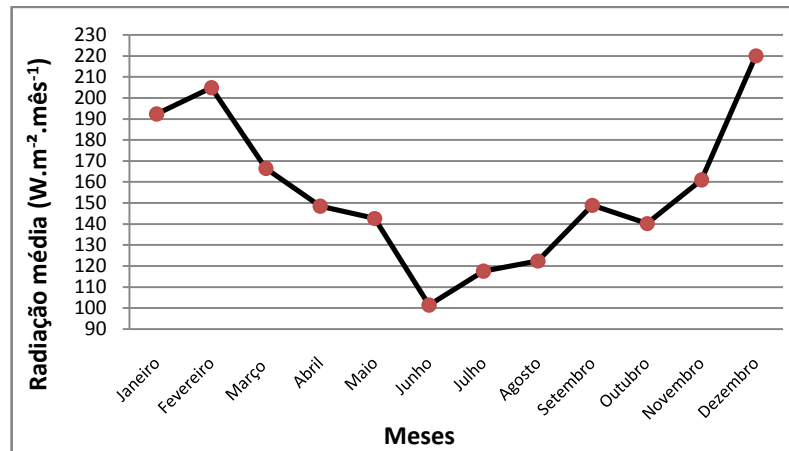


Fonte: Dal Pont (2012).

Para facilitar a apresentação e a análise dos valores de radiação média diária, apresentam-se nas figuras 2 a 5 os gráficos de radiação média dos meses de todos os quatro anos analisados. Observa-se que o ano de 2012 possui valores de radiação somente até o mês de setembro.

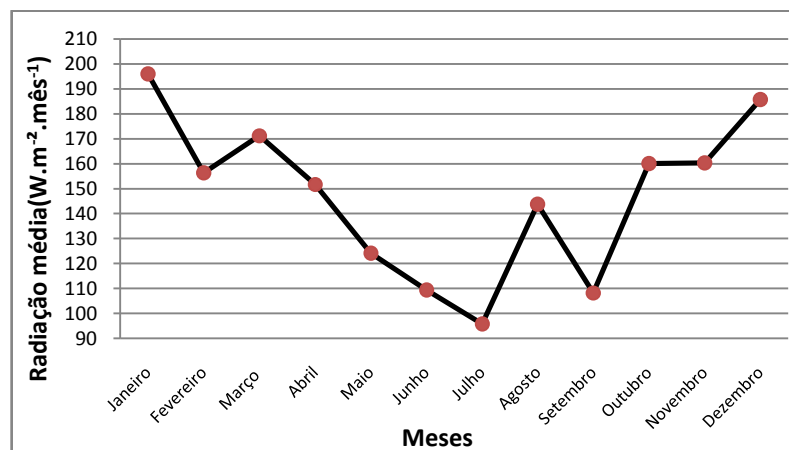


Figura 2 - Radiação média de todos os meses do ano de 2008.



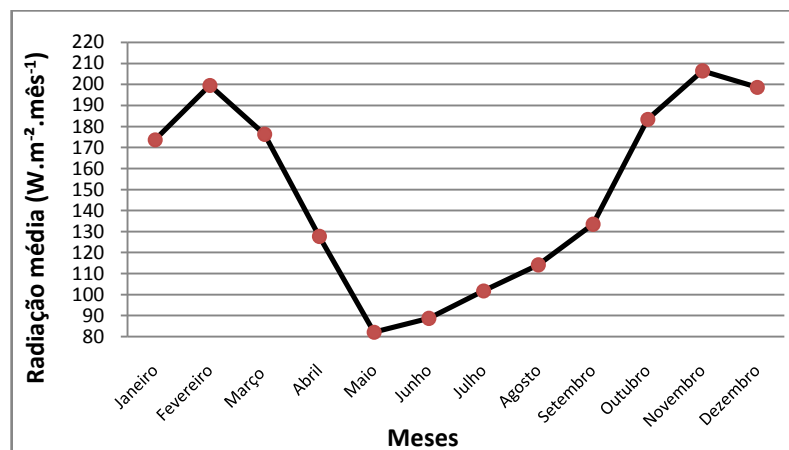
Fonte: Dal Pont (2012).

Figura 3 - Radiação média de todos os meses do ano de 2009.



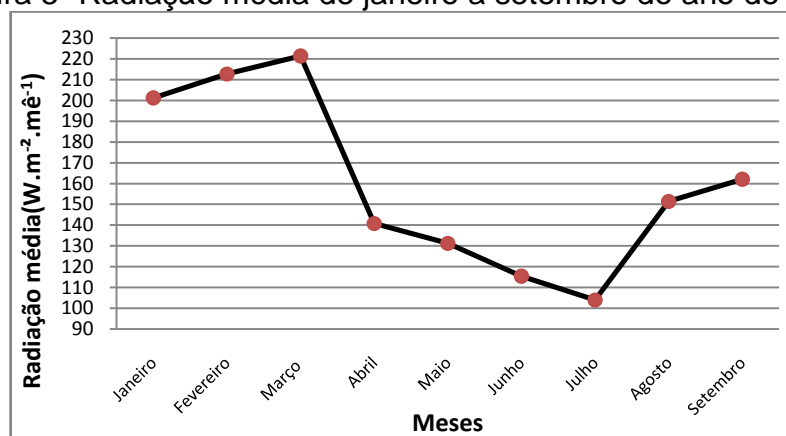
Fonte: Dal Pont (2012).

Figura 4 - Radiação média de todos os meses do ano de 2010.



Fonte: Dal Pont (2012).

Figura 5- Radiação média de janeiro a setembro do ano de 2012.



Fonte: Dal Pont (2012).

Pode-se observar claramente, nos gráficos, que o grau de radiação tem um comportamento conforme a estação do ano, ou seja, nos meses de inverno, o nível de radiação é o de menor valor em média e, consequentemente, os meses do verão são os que apresentam maior valor. Com os valores de radiação média diária, quantificaram-se os dias que tiveram radiação média suficiente para aquecer a água a uma temperatura mínima de 35°C, em que foi utilizado o valor de 145 W.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>, conforme citado em materiais e métodos. O resultado dessa análise resultou nos dados constantes na tabela 1, que apresenta o total dos dias com radiação superior ao valor mínimo necessário.

Tabela 1 - Dias com radiação superior a 145 W.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>.

	2008	2009	2010	2012
Janeiro	19	20	19	22
Fevereiro	24	12	21	24
Março	21	21	22	28
Abril	19	16	14	13
Maio	21	19	5	15
Junho	9	13	3	14
Julho	13	10	10	10
Agosto	13	18	12	21
Setembro	16	11	12	19
Outubro	13	15	17	-
Novembro	16	13	21	-
Dezembro	23	22	20	-
Total	207	190	176	166

Fonte: Dal Pont (2012).

A partir desses dados, verificou-se que, de 1370 dias, em 739 deles foi possível utilizar o sistema de aquecimento solar, ou seja, em 46,06% dos dias é necessário utilizar o chuveiro elétrico para aquecer a água do banho, e em 53,94% dos dias, o sistema de aquecimento solar apresentou eficiência. Salienta-se que nessa análise não foi considerado a contribuição da radiação com valores inferiores a  $145 \text{ W.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ , pois apesar do dias não apresentarem radiação suficiente o nível da radiação do dia, já irá contribuir com o aquecer da água. Pode-se confirmar ainda que os meses de inverno são os de menor radiação e os de maior gasto com energia, pois, com a análise da tabela 1, verificou-se que os meses de inverno foram os que apresentaram menos dias com valores maiores a  $145 \text{ W.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ .

#### 4.3 ANÁLISE FINANCEIRA DO SISTEMA

Seguindo os procedimentos conforme materiais e métodos, verificou-se que o consumo mensal da energia elétrica é de 110,40 kWh, e o valor de energia elétrica a ser pago por mês para o uso do chuveiro elétrico é de R\$29,81, observa-se que para este cálculo não se considerou que nos meses de verão utiliza-se o chuveiro com menor temperatura e no inverno com maior, o que iria alterar o consumo de energia. Com a utilização dos gráficos de quantidade de radiação, foi possível determinar a quantidade de dias em que houve a alternância de uso entre o sistema de aquecimento solar e somente o aquecimento elétrico. A partir disso, pôde-se fazer o levantamento de quanto se pagaria a menos por mês com o uso do sistema alternativo, sendo que o levantamento do benefício está presente na tabela 2.

Tabela 2 – Decréscimo no valor mensal do custo de energia elétrica.

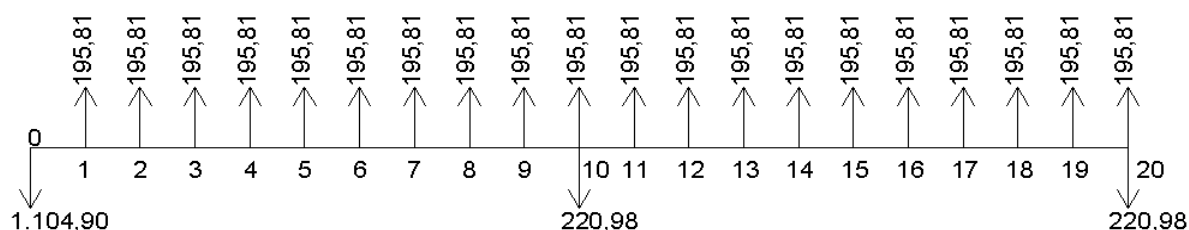
	2008 (R\$)	2009 (R\$)	2010 (R\$)	2012 (R\$)
Janeiro	18,88	19,87	18,88	21,86
Fevereiro	23,85	11,92	20,87	23,85
Março	20,87	20,87	21,86	27,82
Abril	18,88	15,90	13,91	12,92
Maio	20,87	18,88	4,97	14,90
Junho	8,94	12,92	2,98	13,91
Julho	12,92	9,94	9,94	9,94
Agosto	12,92	17,88	11,92	20,87
Setembro	15,90	10,93	11,92	18,88

	2008 (R\$)	2009 (R\$)	2010 (R\$)	2012 (R\$)
Outubro	12,92	14,90	16,89	-
Novembro	15,90	12,92	20,87	-
Dezembro	22,85	21,86	19,87	-
Total:	205,68	188,78	174,87	164,94

Fonte: Dal Pont (2012).

Com a tabela 2, quantificou-se o valor total no período de 3,75 anos de R\$ 734,27. Salienta-se que o período considerado é de 3,75 anos, haja vista que o ano de 2012 somente apresenta dados até o mês de setembro. Com o valor do montante de redução ao longo dos anos, determinou-se a média no final do período, resultando, então, em um valor de R\$ 195,81 por ano. Outro parâmetro a ser considerado no momento da análise financeira é o custo referente aos componentes do sistema de aquecimento solar. Esses dados foram obtidos junto ao fabricante, num valor de R\$ 704,90. Para esse orçamento, levou-se em consideração a análise do projeto, em que se verificou que são necessários três coletores ao invés de dois. Para realizar a instalação completa do sistema de aquecedor solar, ou seja, a mão-de-obra, o valor é de R\$ 400,00 segundo informação repassada pela construtora da região. Com isso, o custo total é de R\$ 1.104,90. Considerando o montante do investimento da instalação do sistema, a média da redução do custo da energia elétrica e a taxa de juros, chega-se ao tempo de retorno, conforme desenvolvimento a seguir. Foi realizado o fluxo de caixa conforme citado em materiais e métodos e cujos resultados estão presentes na figura 6.

Figura 6 – Fluxo de caixa do sistema de aquecedor solar.



Fonte: Dal Pont (2012).

Com a elaboração do fluxo de caixa, realizou-se o cálculo do período de retorno por meio da elaboração da tabela 3.

Tabela 3 – Tabela para análise econômica do sistema de aquecimento solar.

Período (ano)	Ano	Valor de economia de energia	Manutenção (20% a.10a)	Fluxo de caixa	Fluxo de caixa no instante "0"	Somatório dos valores no instante "0"
0	2012			-R\$ 1.104,90		-R\$ 1.104,90
1	2013	R\$ 195,81		R\$ 195,81	R\$ 182,76	-R\$ 922,14
2	2014	R\$ 195,81		R\$ 195,81	R\$ 170,58	-R\$ 751,56
3	2015	R\$ 195,81		R\$ 195,81	R\$ 159,21	-R\$ 592,34
4	2016	R\$ 195,81		R\$ 195,81	R\$ 148,60	-R\$ 443,74
5	2017	R\$ 195,81		R\$ 195,81	R\$ 138,70	-R\$ 305,04
6	2018	R\$ 195,81		R\$ 195,81	R\$ 129,46	-R\$ 175,58
7	2019	R\$ 195,81		R\$ 195,81	R\$ 120,83	-R\$ 54,75
8	2020	R\$ 195,81		R\$ 195,81	R\$ 112,78	R\$ 58,02
9	2021	R\$ 195,81		R\$ 195,81	R\$ 105,26	R\$ 163,28
10	2022	R\$ 195,81	R\$ 220,98	-R\$ 25,17	-R\$ 12,63	R\$ 150,66
11	2023	R\$ 195,81		R\$ 195,81	R\$ 91,70	R\$ 242,35
12	2024	R\$ 195,81		R\$ 195,81	R\$ 85,59	R\$ 327,94
13	2025	R\$ 195,81		R\$ 195,81	R\$ 79,88	R\$ 407,83
14	2026	R\$ 195,81		R\$ 195,81	R\$ 74,56	R\$ 482,39
15	2027	R\$ 195,81		R\$ 195,81	R\$ 69,59	R\$ 551,98
16	2028	R\$ 195,81		R\$ 195,81	R\$ 64,95	R\$ 616,94
17	2029	R\$ 195,81		R\$ 195,81	R\$ 60,63	R\$ 677,56
18	2030	R\$ 195,81		R\$ 195,81	R\$ 56,59	R\$ 734,15
19	2031	R\$ 195,81		R\$ 195,81	R\$ 52,81	R\$ 786,96
20	2032	R\$ 195,81	R\$ 220,98	-R\$ 25,17	-R\$ 6,34	R\$ 780,62

Fonte: Dal Pont (2012).

A segunda etapa foi a resolução do tempo mais exato de retorno do investimento, ou seja, o Tempo de Retorno do Capital (TRC), que se observa na tabela 4.

Tabela 4 – Determinar do TRC.

Tempo de recuperação de capital				
Período 7	Débito	R\$	54,75	(ano)
Período 8	Crédito	R\$	58,02	(ano)
Período 8	Economia	R\$	112,78	(ano)
		R\$	9,40	(mês)

Fonte: Dal Pont (2012).

Para o cálculo do período exato do retorno do investimento, dividiu-se o valor do débito do período 7, ou seja, R\$ 54,75, pelo R\$9,40, resultando no valor de 5,82



meses. Dessa forma, concluiu-se que, para haver o retorno do investimento feito para a instalação física do sistema de aquecedor solar em uma casa popular, será necessário um período de aproximadamente sete anos e seis meses.

#### 4. CONCLUSÕES

Com a realização da análise do projeto do sistema de aquecedor solar, por meio do desenvolvimento da memória de cálculo, verificou-se que o projeto não atende às necessidades dos usuários. Deve ser instalado um sistema com reservatório de água fria com volume mínimo de 800L e instalados três coletores solares ao invés de dois para que o sistema funcione adequadamente com uma radiação mínima de  $3011,75 \text{ kcal.m}^{-2}$ . Com o levantamento dos dias com radiação superior à mínima de  $145 \text{ W.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  para que a água aquecesse a uma temperatura mínima de  $35^{\circ}\text{C}$ , chegou-se à conclusão que, em 53,94% dos dias, o sistema de aquecimento solar apresenta eficiência, sendo levadas em consideração as mudanças verificadas no desenvolvimento da memória de cálculo. Considerando a despesa referente à energia elétrica no uso do chuveiro elétrico e os dias em que o sistema de aquecimento solar tem a eficiência necessária, pôde-se verificar que a economia oferecida pelo sistema é de R\$ 195,81 ao ano. Estabelecido o valor de economia por ano e tendo-se o custo de instalação do sistema de aquecedor solar de R\$ 1.104,90 e o custo com sua manutenção de R\$ 220,98 a cada dez anos, verificou-se que o sistema se pagará em um período de sete anos e seis meses.

Realizando-se a análise de todos os dados obtidos, chegou-se à conclusão que o sistema é viável, pois, apesar do uso eficiente em 53,94% do período e levar mais de sete anos para haver o retorno do investimento, deve-se levar em consideração que o sistema será instalado em uma residência popular, onde a despesa com energia elétrica já é inferior comparando-se a de uma residência de classe média; o sistema utilizado é um sistema mais barato, consequentemente, mais simples, não apresenta um rendimento tão elevado como outros sistemas com maior tecnologia encontrados no mercado. Além do rendimento do sistema, o nível de radiação solar da região em análise é de menor intensidade, se comparado com regiões do nordeste, por exemplo. Por esses motivos, o sistema de aquecedor solar utilizado em casa populares na região carbonífera é viável.



## 5. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15569**: Sistema de Aquecimento Solar de Água em Circuito Direto – Projeto e Instalação. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica no Brasil**. 2. ed. Brasília, 2005.

BANCO CENTRAL DO BRASIL - **Taxa Selic**, 2012. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/?SELICDIA>>. Acesso em: 22 de out. de 2012.

BASSO, Luiz H. *et al.* **Análise de um sistema de aquecimento de água para residências rurais, utilizando energia solar**. Jaboticabal, 2010.

CREDER, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2006.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2011**: ano base 2010. Rio de Janeiro: EPE, 2011.

LIMA, J. B. A. **Otimização de Sistema de Aquecimento Solar de Água em Edificações Residenciais Unifamiliares Utilizando o Programa Trnsys**. 142 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MAGAGNIN, André Luiz. **Impactos econômicos do uso de energia solar para aquecimento de água em residências unifamiliares**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

MANEA, T.F. **Avaliação de Sistemas de Aquecimento de Água Solar-Gás**. 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L.; RÜTHER, R. – **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 1. ed. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.

SPRENGER, Roberto Levi. **Aplicação do sistema fechado no aquecedor solar de água de baixo custo para reservatórios residenciais isolados termicamente: concepção e comissionamento de um sistema-piloto de testes**. 2007. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

TIGRE S.A.. **Manual Técnico Tigre**: orientações técnicas sobre instalações hidráulicas prediais. Joinville: Tigre, 2010.